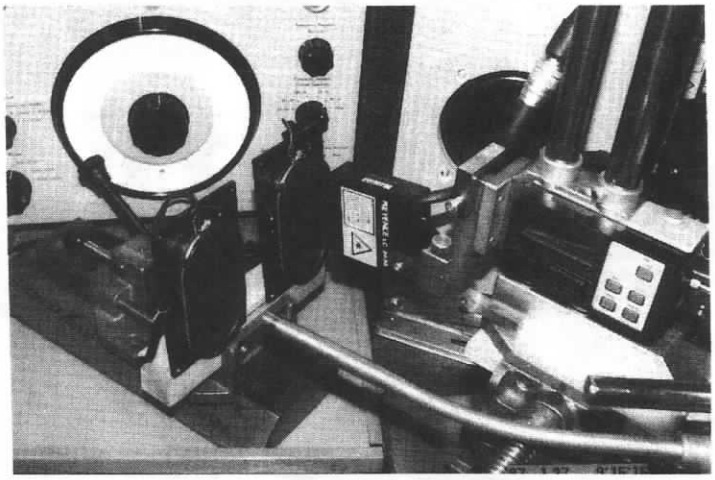
連載 オーディオ計測の散歩道

定電流型アンプではスピーカはどう動くのか

③波形で見える音の違い

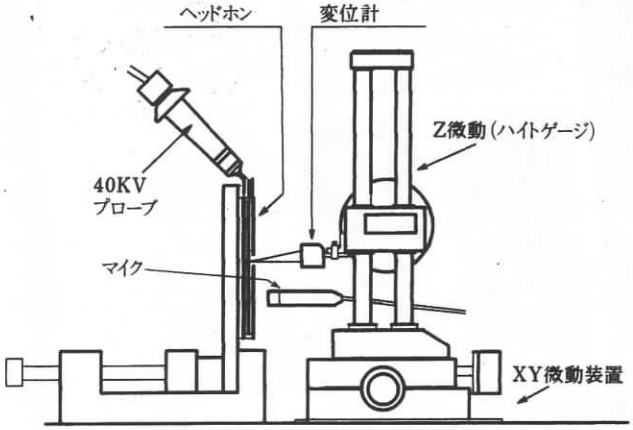
■小倉幸一■



〈写真1〉
コンデンサ・ヘッドホンで変位計をチェックしているところ．手前細長いのがB&Kのマイク

1月号では，定電流アンプでスピーカをドライブした時の入出力（アンプの電圧，電流，変位計，マイク）を定電圧アンプのそれと比較しながら，特に立ち上がり特性に注目して測定（というより観察）をしました．“立ち上がり”の特性に関しては，スルー・レート的発想で三角波を使い，波形が直線構成であることから，傾斜や変形が見つけ安い利点を生かして実験しましたが，実験のための波形ですから，“それがどうした‥”といわれると困ってしまいます．

そこで，今月は実際の音楽をソースとして種々実験をしてみたいと思います．その前に，前座話としてレーザー変位計によるコーンの動きを観察する実験についてチョット……．

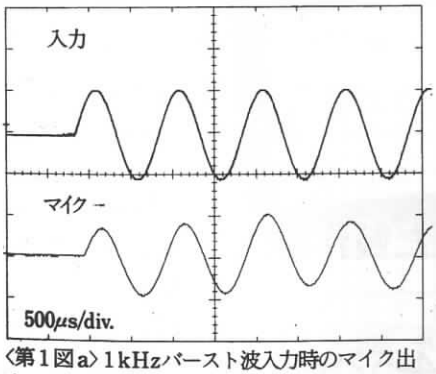


〈第1図〉
コンデンサ・ヘッドホンで変位計の応答をチェックする

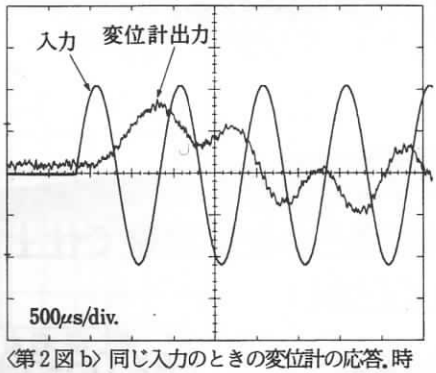
マイク出力があるのに変位計とのタイミングが合わない！

1月号で両者の波形はP 129の第14，15図にありますが，いずれも変位計出力が音波より遅れています．ここをもう少し掘り下げるため，コーン型スピーカでなく，コンデンサ型のヘッドホンを使うことにしました．STAX社に相談したところ，このアイデアにご協力いただけることになり，ヘッドの固定極にレーザー光の受光窓（5 mm径）を開けたヘッドホンを作っていただきました．

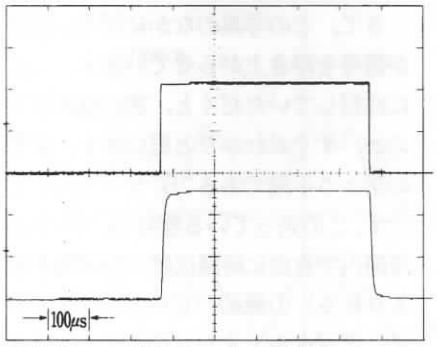
アンプは従来から使っていたものに合わせましたから，**第1図**と**写真1**のようにセットしました．念のため出力電圧をチェックしましたが，ここで久しぶりに高圧プローブを使いました．1000：1で4万ボルト（0～75 MHz）のものですが，ここでは耐圧より入力抵抗（100 MΩ）と容量（3 pF）を生かしたかったからです．立ち上がり波形も上々で，変位発生器としてさっそく使いました．これによる変位計の出力は**第2図**のとおりで，f特0～20



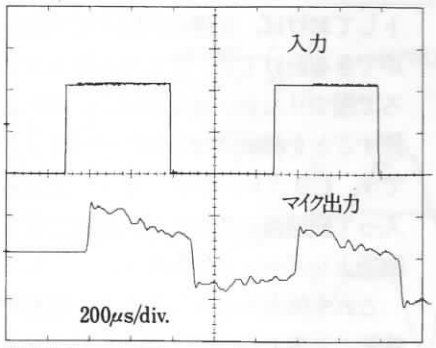
〈第1図a〉1 kHzバースト波入力時のマイク出力



〈第2図b〉同じ入力のときの変位計の応答．時間おくれが明らか



〈第3図〉ヘッドホン・アンプの応答



〈第4図〉ヘッドホンのマイク出力

kHzとうたっているのはどうしたのやら，です．さすが50や100 Hzではその遅れは目立ちませんから，1 kHzで始めることにしたのです．1 kHz，5波をマイクとレーザー変位計で見ていきます．順序を追ってヘッドホン端子から，最初はきびしく方形波でテストを始めます．アンプのレスポンスは**第3図**のとおりで，10 μsec以内ですから問題なしとして，マイク出力を見てみます．結果は**第4図**ですが，マイク・アンプの低域特性が出ています（低い方を少し切った）．

ここで，実用に即したサイン波入力として，結果は**第2図**にもどります．この時間おくれと立ち上がりの悪さの原因はメーカーに問い合わせ中で，ハッキリ確証が得られた時点で，また紹介します．以後この種の変位計は使わず，静電型にするつもりです．この試験についてはSTAX社鈴木氏に深く感謝いたします．

音楽波形を見てみよう

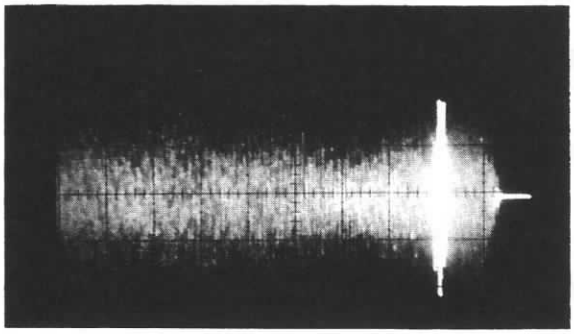
楽音をみるには，もちろんオシロで波形を，ということになりますが，波形を眺めるだけなら誰でもできるとならないところが観察と測定の違うところ．まあやってみましょう．

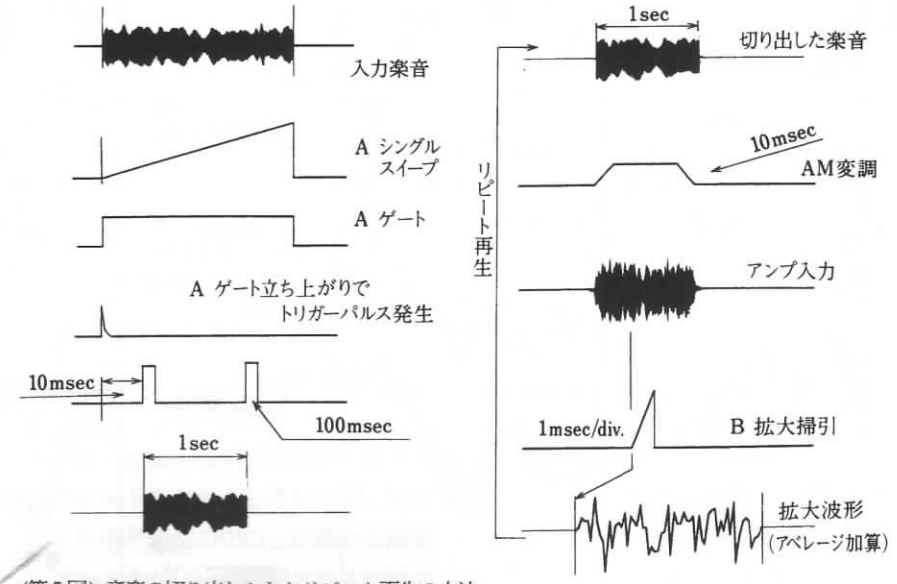
定電流アンプと定電圧アンプとの波形の違いを観測していますが，やはり，じかに楽音を見るに越したことはありません．都合のよいことに，比較という相対評価なので，音質を絶対的に評価する尺度を必要とせず，聴感上の差に相当する何かが出れば（そしてみんなが納得すれば）OKと考えます．

(1) 音楽を切り出す

CDをかけてここぞと思うところを切り出し，繰り返し再生したいのです．そして定電流型と定電圧型のアンプに切り替え入力してその出力を見る．つまり，信号源以外は，いままでと同じやりかたです．繰り返し同じところを再生するには，

① CDプレーヤのリピート機能を使う（A—B間）．
② Aの時点を決める
③ A—B間の時間を決める
④切り出しとエンベロープ処理をする．そして再生


《写真2図》
切り出した音楽波形



〈第5図〉音楽の切り出しかたとリピート再生の方法

となります．

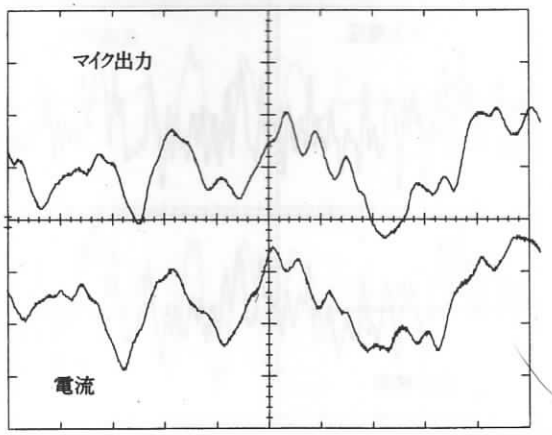
③の時間をどのくらいにするかは，聴覚的に十分音質を認識できる時間でなければなりません．これは，このリピート・システムで決めるものでなく，むしろCDを聞き込んで，ここぞというところを決めて，その切り出し時点と時間をこのシステムに教える，という使い方が適当と思います．今回の実験では，時間は約1秒としました．ただし，秒オーダーで自由に連続的に時間を変更できます．ここぞと思う時間帯（いまの場合1秒）をはさんで広めに切り出し，後から目的部分に肉迫することも考えられます．

A—B間の時間が決まったら，A時点の決定です．これだけは（ここぞと思う時点）は，自分で決めなくてはなりません．

オシロを内部同期のシングル・スイープにセットして，音楽を流します．ここぞの瞬間の直前でシングル・スイープのRESETボタンを押します．

具体的にはスイープ時間を0.2

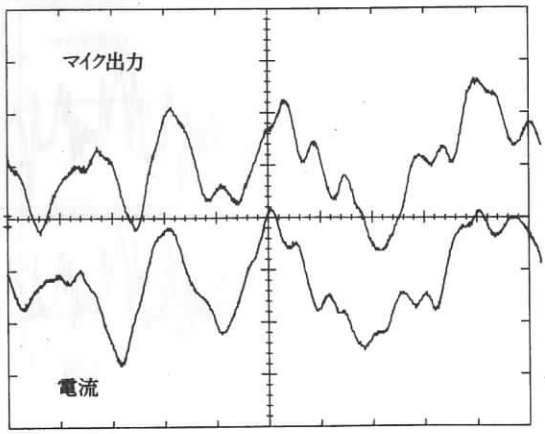
●復刻シリーズ＝定電流アンプによるスピーカの動作

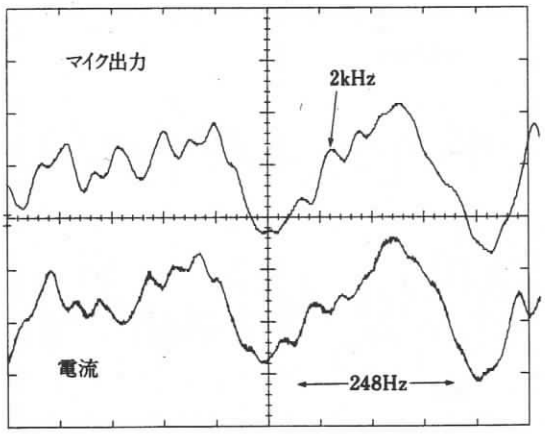


〈第9図〉
シューベルト・ピアノ・ソナタの一部による波形

◀(a) 定電流アンプ

(b)▶ 定電圧アンプ

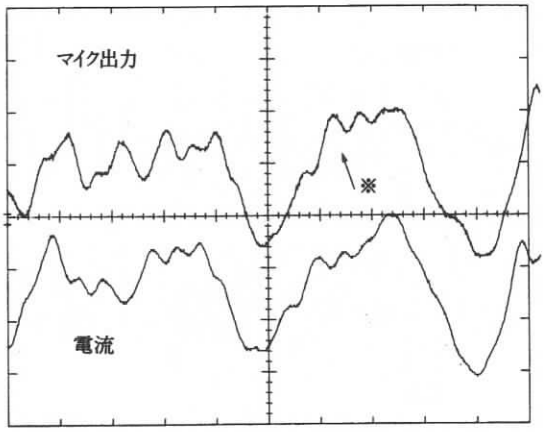


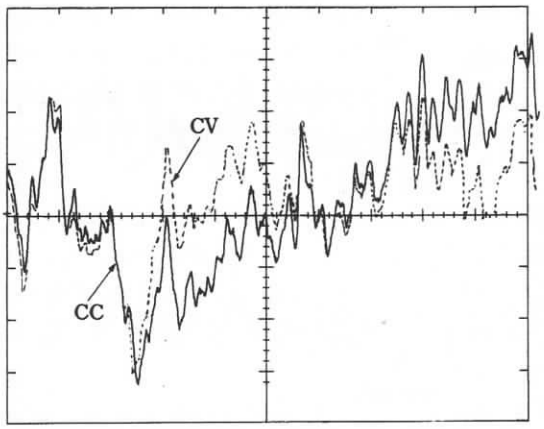


〈第10図〉
同じ曲の別な部分のマイク出力

◀(a) 定電流アンプ

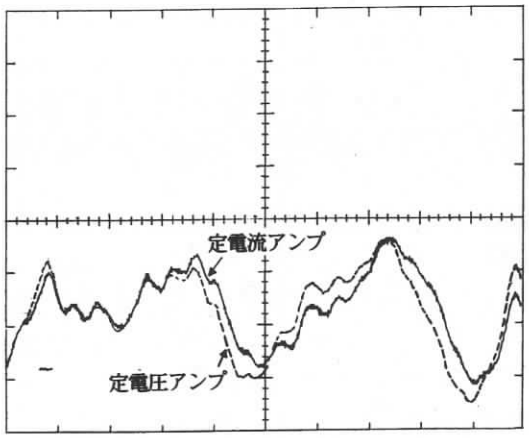
(b)▶ 定電圧アンプ

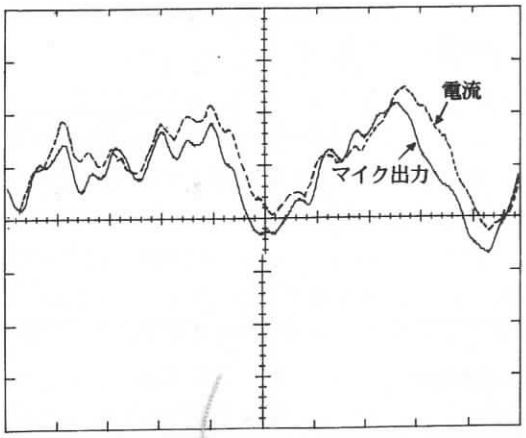




◀〈第11図〉
管弦半曲でのマイク出力の違い

〈第13図〉▶
ピアノ曲で電流波形のちがい

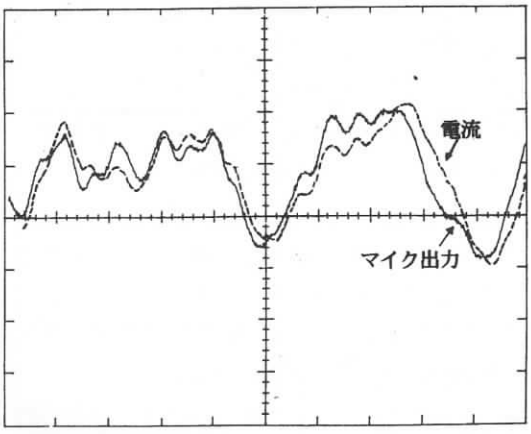




〈第12図〉
2つのアンプの電流とマイク波形の相似性を比べる

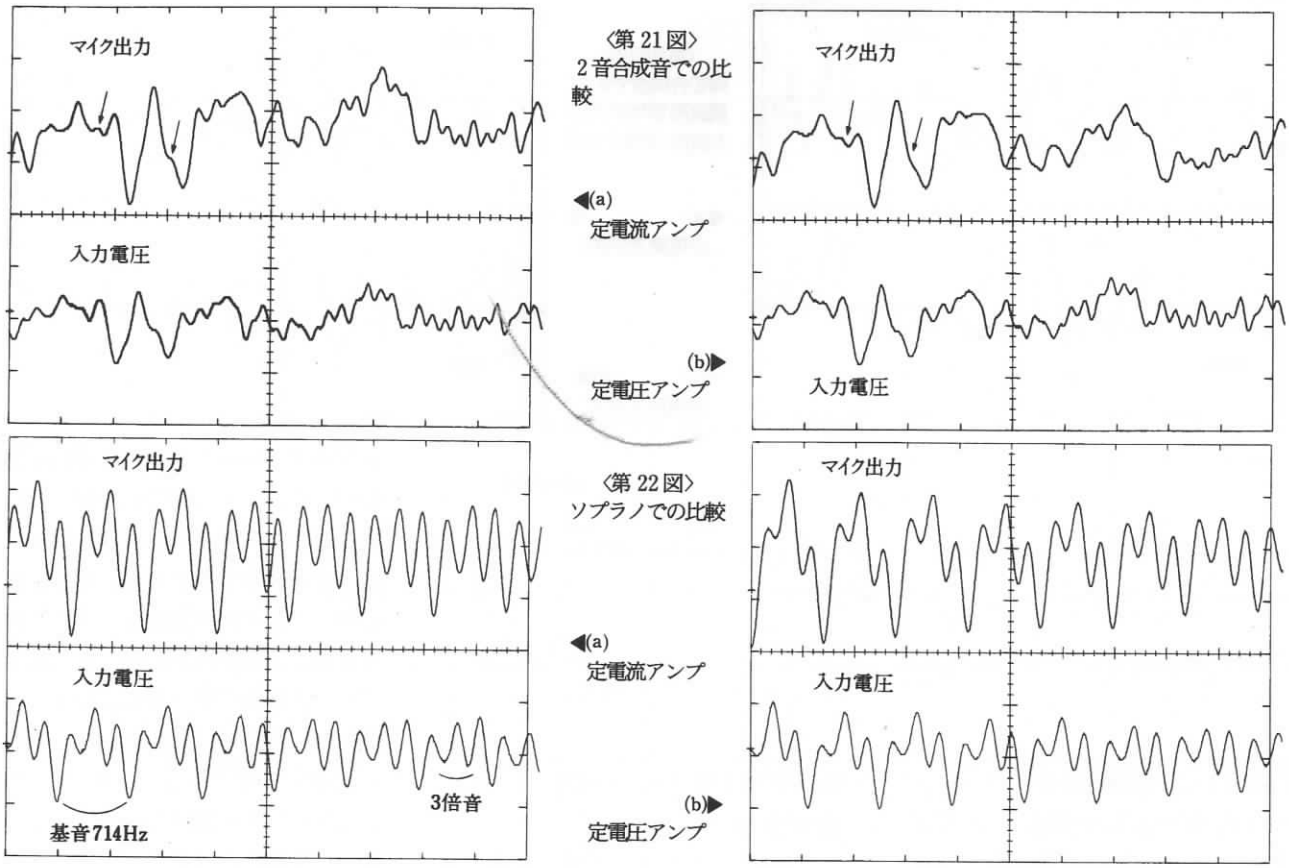
◀(a) 定電流アンプ

(b)▶ 定電圧アンプ



次のオシロのスイープ・スタートに使うだけですから，Bゲート時間は関係しません．ただ，意味もなく光らせているよりは，後続オシロのスイープ・レート（msec/div）と同じくBゲートのレートをセットしておけば，切り出した信号全景の中のどの部分を測定しているのか，一目瞭然となるわけです．

ここから，切り出した1秒間のうち任意の時間をピックアップして，アンプごとのレスポンスを比較できること



いずれにしても，CCアンプが入力に忠実に電流出力しているのには驚かされました(**第15図**(a)の電流波形と**第16図**(b)入力電圧波形はパターンがピッタリ重なる)．

合成波形での応答を比較

ここまでやってみると，合成波形のレスポンスはどうなるか，という実験がしたくなりました．とりあえず2波の合成に対するレスポンスです．

(1) 2台の発振器の出力の合成

2台の発振器の出力を合成するといっても，単に2出力をミックスするというものでなく，1つのピップ信号(立ち上がり，立ち下がりに傾斜をつけたもの）の任意の時点に，さらにバースト波をミックスさせ，位相変化的に連続してバースト波を移動できるように構成したものです．

合成波形を**第17図**(a)(b)に示します．これは200 Hz 4波と1 kHz 2波で構成したものです．

(a)はCCアンプの，(b)はCVアンプの電流出力波形です．2波の位相関係が，CVでは電流段階で変わってしまうが，CCでは忠実であることがわかります．それがマイク出力になると(**第18図**)，1 kHzは200 Hzに対してさらにおくれています（音波のおくれのためでない)．

この実験方法をf 1, f 2，あるいは波数を変えて応用すると，また違ったおもしろい結果が出そうですが，それは次回にまわして，当面の難問（?）に立ち向かいましょう(ドン・キホーテかも?)．

つまり，発振器2台のうちの1台をCDの楽音とすれば，音楽的にはともかく，楽音波形の一部の波形をある程度変化でき，そのレスポンスを波形的，また分析的に解析できるわけです．

ついでに，このアイディアの応用をもう一つ紹介しましょう．

先の音楽の切り出しで，種々の音楽パターンをセレクト，繰り返し再生しながら第2音を任意の時点に紛れ込ませて，その振幅を0から増加させてやれば，どこかで異音か，異常を感じるはずです．これでその人の検知限がわかります．

具体的に楽音に第2音を入れた実験をしてみましょう．

第1音：メンデルスゾーン序曲「フィンガルの洞窟」から(CD)

第2音：1 kHzサイン2波

第19図に第1音のみ（信号源)，**第20図**に第2音と混入した状態の波形(下)を示しました．**第21図**(a)，(b)にそのマイク出力を示しましたが，矢印点の微小変化にも注目してください．

高域特性との関係は?

第2音の混入と関係なく楽音として「庭の千草」のソプラノを1曲紹介します．**第22図**(a)，(b)がCC，CVに対応しています．マイク出力の両者の差を見ると，相変わらずCCの方が変化分を大きく出しています．

1月号p.109で高橋和正氏がMFB実験の感想として①，②，④，⑤項で述べておられることが，ここでもこの波形（ソプラノだけでなく）でいえそうです．筆者は音質については言及するつもりはありませんが，この実験に使ったRG—W 1でテスト中に聴いた感じでも，同じような印象をもったことを覚えています．